УДК 598.2:591.174

ОБ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ПТИЦ

В. А. Мельничук, Н. К. Соломонова

(Киевский государственный университет)

Айсинг (Ising, 1946) и Джеглей (Geagley, 1947, 1951) предложили теорию навигации птиц на основе инерциальных сил. Позднее Барлоу (Barlow, 1964) обосновал необходимость продолжения исследований в этом направлении. Но разнообразные лабораторные исследования не подтвердили влияния вестибулярного аппарата на навигационные способности птиц. Это произошло, очевидно, потому, что в экспериментах не была исключена информация от других органов чувств (Barlow, 1966). В 1961 г. Беритов, придя к выводу, что вестибулярный аппарат является ведущим органом в пространственном восприятии животных, суммирующим сенсорные данные от органов зрения, слуха, обоняния и осязания, попытался устранить их влияние. При этом было установлено, что животные способны с малых расстояний определять местоположение знакомого раздражителя. Барлоу (1966) предложил проводить «беритовские испытания» со значительно больших расстояний, вновь подчеркивая необходимость исключения или тщательного контролирования всех сенсорных раздражителей, чтобы результаты исследований отражали работу инерциальной навигационной системы в чистом виде. Вероятно, из-за несоблюдения этого условия опыты с голубями — *Columba* (Wallraff, 1965) и мухоловками-пеструшками — *Muscicapa hypoleuca* Pall. (Благосклонов, Родионов, 1967) дали отрицательные результаты.

В Киевском университете инерциальную навигацию птиц изучают, исследуя роль вестибулярного аппарата в ориентации двумя способами — при «хоминге» и в клетках Крамера (Kramer, 1949), усовершенствованных по Шумакову (1965) электромагнитными счетчиками.

Мы не считаем, что в своих исследованиях добились полной изоляции вестибулярного аппарата от сенсорных органов, но полученные данные свидетельствуют о правильности избранной методики и необходимости дальнейшей ее разработки.

Опыты по инерциальной навигации птиц при хоминге

В ориентации по «хомингу» сравнивали скорость возвращения контрольных и опытных особей: деревенской (*Hirundo rustica* L.) и береговой (*Riparia riparia* L.) ласточек. Птиц с места отлова перевозили в мешочках. Мешочки с опытными птицами укрепляли на веревке и быстро вращали. Можно надеяться, что в подобных условиях перевозки от гнезда до места выпуска птицы были лишены сенсорной визуальной информации, а раскручивание мешочков создавало необычные условия для вестибулярного аппарата опытных птиц и нарушало его работу (это косвенно подтверждают данные исследований в круглых клетках). Опыты с деревенскими ласточками проводили в Черноморском заповеднике. Их завозили в различных направлениях от с. Ново-Федоровки на 13,5 и 18 *км*, от Ягорлыцкого кута — на 8,22 и 23 *км*. Получены данные о возврате 90 особей.

Береговых ласточек завозили в различных направлениях от Киевского водохранилища на 15—16 и 40 *км*, от р. Козинки (среднее течение Днепра) — на расстояние 5 *км*. Получены данные о возврате 29 особей. К сожалению, опыт ни разу не проходил в условиях сплошной облачности. Во всех случаях птицы, возвращаясь «к дому», могли ориентироваться по солнцу.

Таблица 1

Оценка достоверности средней скорости возвращения опытных и контрольных особей и процент достоверности по Стьюденту (опыты 1968 г.)

Дата	Средняя скорость возвращения, *км/час*		Оценка достоверности	% достоверности
	опытные	контрольные		
8.V	17,69	18,61	0,85	56
9.V	13,77	14,73	0,52	37
10.V	29,13	24,58	0,10	7
21.V	12,75	9,84	0,24	15
26.V	13,63	15,08	0,82	56
30.V	18,37	15,71	1,31	79
31.V	23,02	20,73	0,81	56
4.VI	8,01	9,08	0,84	55
13.VI	7,86	10,80	0,77	49
29.VI	6,16	4,75	0,51	37

Установлено, что независимо от расстояния и направления завоза скорость возврата опытных особей не отличилась от таковой контрольных (табл. 1). Таким образом, при наличии наземных и небесных ориентиров птицы, вероятно, не пользуются инерциальной навигацией. Поэтому выяснять связь вестибулярного аппарата с навигационными способностями птиц при «хоминге» нерационально. Такие опыты следует проводить при отсутствии видимых ориентиров.

Опыты по инерциальной навигации без видимых ориентиров с использованием круглых клеток

Опыты проводили на Киевском водохранилище. Чаек обыкновенных (*Larus ridibundus* L.) перевозили в темных ящиках в помещение с рассеянным светом, находящееся в 1 *км* от колонии. Кроме того, ящики с опытными птицами в пути быстро вращались в противоположных направлениях попеременно. Двух чаек — контрольную и опытную — сажали в разные крамеровские круглые клетки с электромагнитными счетчиками, которые включали после 15-минутного пребывания птиц в клетках. В течение трех часов подсчитывали количество прыжков каждой особи в восьми направлениях. В экспериментах участвовало 8 опытных и 8 контрольных птиц. Полученные данные обрабатывали по методике Г. К. Назарчук и Л. М. Шульмана (Луцюк, Назарчук, 1971). Определили среднее значение азимута ориентации каждой особи и коэффициент ориентации. Средний азимут (A), или угол стремления особи, рассчитан по формуле

$$\mathrm{tg} \langle A \rangle = \frac{\langle \vec{r} \rangle y}{\langle \vec{r} \rangle x},$$

где ось y — направлена на север, ось x — на юг.

$$<\vec{r}>_x = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{8} n_i \cos A; \quad <\vec{r}>_y = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{8} n_i \sin A;$$

n_i — количество прыжков в сектор i, средний азимут которого A.

Коэффициент ориентации — величина, показывающая степени достоверности предпочитаемого направления. Определяется по формуле

$$K = \frac{8 |<\vec{r}>|}{\Sigma n_i}, \text{ где } |<\vec{r}>| = \sqrt{<r>_x^2 + <r>_y^2}.$$

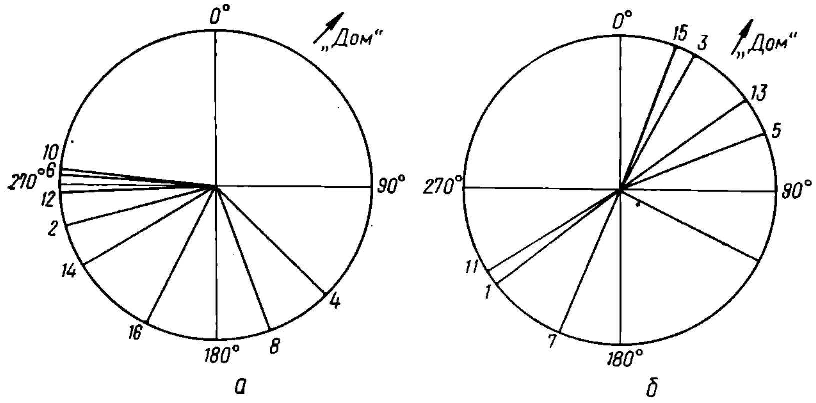
$K_{max} = 1$. Если $K < 0{,}5$, то данные не достоверны.

Обработав полученный материал, установили, что у опытных особей не было четкого ориентационного направления, а контрольные явно стремились на юго-запад, что совпадает с направлением осенней миграции чаек (табл. 2, рисунок). Последнее подтверждает также результаты исследований по «хомингу» чайковых птиц, направление полета которых после выпуска соответствует таковому осенней миграции (Смогоржевский, 1967).

Таблица 2

Средний азимут и коэффициент ориентации опытных и контрольных особей

№	Максимальное количество прыжков особи в один из восьми секторов	Средний азимут ориентации	Коэффициент ориентации	№	Максимальное количество прыжков особи в один из восьми секторов	Средний азимут ориентации	Коэффициент ориентации
	Контрольные				Опытные		
2	331	256°	0,84	1	89	233°	0,11
4	22	135°	0,32	3	453	29°	0,65
6	82	275°	0,88	5	4	63°	0,51
8	242	159°	0,46	7	56	202°	0,51
10	95	274°	0,77	9	15	116°	0,79
12	6	268°	0,20	11	35	238°	0,47
14	178	240°	0,66	13	64	54°	0,82
16	58	208°	0,56	15	312	23°	0,55



Средний азимут ориентации птиц в круглых клетках:
а — контрольных, *б* — опытных.

Таким образом, если имеются наземные и небесные ориентиры при «хоминге», птицы, очевидно, не используют навигационные способности вестибулярного аппарата. Не исключено, что птицы используют их при отсутствии видимых ориентиров. Такое предположение можно было бы сделать на основании результата опытов с применением круглых клеток. Но поскольку опыты ставились с незначительным числом особей, мы не имеем права делать окончательные выводы.

ЛИТЕРАТУРА

Беритов И. С. 1961. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. М.

Благосклонов К. Н., Родионов В. А. 1967. Индивидуальные способности к ориентации в гнездовое время у мухоловки-пеструшки. В сб.: «Вопросы бионики», М.

Луцюк О. Б., Назарчук Г. К. 1971. К вопросу о возможной ориентации птиц по геомагнитному полю. Вестн. зоол., № 3.

Смогоржевский Л. А. 1967. Первоначальное направление полета в экспериментах по «хомингу». Там же, № 3.

Шумаков И. Е. 1965. Первые результаты исследования перелетной ориентации воробьиных птиц методом круглой клетки. В сб.: «Бионика», М.

Barlow J. S. 1964. Inertial navigation as a basis for animal navigation. J. theoret. biol., № 6.

Его же. 1966. Inertial Navigation in Relation to Animal Navigation J. of. the Institute of Navigation. v. 19, № 3.

Ising G. 1946. Die physikalische Moglichkeit eines tierischen Orientien erungssinnes auf Basis der Erdrotation. Arc. f. Math. Physik, Bd. 32 (A), № 18.

Kramer G. 1949. Über Richtungstendensen bei der nächtlichen Zugunruruhe gekäfticter Vögel. Ornitologie als biol. Wissenschaft, Festschrift fur E. Stresemann.

Yeagley H. L. 1947. Apreliminary Study of a Phisical Basis of Bird Navigation. J. Appl. Phis., v. 18. № 12.

Его же. 1951. A Preliminary Etudy of Bird Navigation. J. Appl. Phys., v. 22, № 6.

Поступила 19.XII 1969 г.

ON INERTIAL NAVIGATION OF BIRDS

V. A. Melnichuk, N. K. Solomonova

(State University, Kiev)

Summary

Role of the vestibular apparatus in birds orientation at «homing» and in round Kramer cages with electromagnetic counters was investigated when studying inertial navigation of birds.

It was established that, if there are ground and sky orientation points at «homing», the birds, probably, manage without any navigation abilities of the vestibular apparatus. Possibility is not excluded that birds use them with the absence of visible orientation points. Such a suggestion might have been made on the basis of the results of the experiments with the round cages. But as the experiments were carried out with a small number of individuals, we have no right to draw final conclusions.